

FOTOKATALISIS ORGANIK KMnO_4 , SURFAKTAN DAN AMONIAK DALAM *INLET* WADUK MUARA BARU, JAKARTA UTARA, MENGGUNAKAN SINAR UV DENGAN KATALISATOR TiO_2 0,1%

Muhammad Lindu, Ratnaningsih, Putri Ardyarini Sekartaji

Jurusan Teknik Lingkungan, FALTL, Universitas Trisakti, Jl Kyai Tapa No.1, Jakarta 11440, Indonesia

mlindu@trisakti.ac.id

Abstrak

Telah dilakukan studi fotokatalisis terhadap sumber air sungai yang memasuki Waduk Pluit, Muara Baru, Jakarta Utara, yang akan digunakan sebagai sumber air baku air bersih. Terpantau nilai surfaktan, organik KMnO_4 , dan amoniak tinggi berkisar masing-masing 1.8 mg/L, 54 mg/L, dan 1.11 mg/L. Berdasarkan Permenkes Air Bersih No. 416/MENKES/PER/IX/1990, bahwa penggunaan langsung sumber air tersebut sebagai air baku menggunakan metode konvensional, seperti koagulasi, flokulasi dan sedimentasi berpotensi menghasilkan air olahan yang tidak sesuai dengan baku mutu air bersih. Oleh karena itu pada penelitian ini dilakukan studi fotokatalisis untuk menurunkan kadar-kadar berlebih. Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Lingkungan selama bulan Agustus 2011 hingga September 2011. Penelitian dilakukan dalam reaktor *batch* dengan ukuran 30x20 cm, menggunakan lampu UV-C 15 watt x 2, dan TiO_2 berupa suspensi. Selama percobaan air di suplai udara dengan aerator 220v/100v 18 watt. Studi dilakukan untuk mengetahui pengaruh fotokatalisis sebagai fungsi volume reaktor dan waktu, variasi volume 2-6 liter dan waktu fotokatalisis 0, 5, 15, 30, 45 dan 60 menit dan pengambilan sampel 10 kali. Dari hasil penelitian bahwa volume fotokatalisis yang terbaik adalah 3 liter untuk penurunan kadar organik KMnO_4 dan 4 liter untuk surfaktan dengan efisiensi penyisihan berkisar antara 6.1%-14.8% organik dan 59.8%-87.2% surfaktan, pada waktu fotokatalisis 60 menit. Penurunan kadar organik cenderung mengalami penurunan tetapi fluktuatif. Penurunan kadar surfaktan berbanding lurus dengan waktu. Persamaan kecepatan reaksi untuk surfaktan lebih cenderung pada orde satu dengan konstanta kecepatan reaksi 0,027; 0,023; 0,017; 0,029; 0,02. Sebaliknya pengaruh fotokatalisis terhadap amoniak cenderung meningkatkan kadar amoniak, hal ini diakibatkan adanya reaksi fotoreduksi. Nilai awal amoniak 1.16 mg/L menjadi 4.93 mg/L pada volume reaktor 4 liter, selama 60 menit. Pengaruh waktu terhadap amoniak, pada awal 5 menit pertama kadar amoniak meningkat, setelah itu terjadi penurunan yang cenderung fluktuatif.

Kata kunci : fotokatalitik, senyawa organik, amoniak, surfaktan, efisiensi

Abstract

KmnO₄, Surfactant and Ammoniac Organic Photocatalyst in Muara Baru Dam Inlet, Jakarta Utara, Using UV-ray with Catalisator. Photocatalytic study was conducted to surface water at Muara Baru, Pluit Water Basin, North Jakarta that will be used for standard clean water. Results showed that value for surfactant, KMnO_4 organic, and ammoniac were high about 1.8 mg/L, 54 mg/L, and 1.11 mg/L, respectively. Based on Ministry of Health Decree No.416/MENKES/PER/IX/1990, direct used of surface water as standard clean water was using conventional methods like coagulation, flocculation, and sedimentation, had potential to produce processed water that belowed standard clean water. Therefor, in this research photocatalytic study was conducted to decrease exceeding parameters. Research was performed in Environment Laboratory within Aug 2011 until Sep 2011. It was conducted by operating photo catalytic reactor (with dimension 30x20 cm) in batch system using UV-C 15 watt x 2 lamps, and TiO_2 as suspension. During the research, water was supplied by air with aerator 220v/100v 18 watt. Study was conducted to find the influence of photocatalytic as reactor volume function and time, variation was performed in volumes (2-6 liter), time durations (5, 15, 30, 45, 60 minutes) and sampling quantity (until 10 times). Research result concluded that the best volume for organic KMnO_4 decrease and surfactant were 3 litres and 4 litres, respectively with increment efficiency was around 6.9%-14.8% for organic KMnO_4 and 59.8%-87.2% for surfactant, during 60 minutes of photocatalytic time. Organic KMnO_4 trend was decreased but fluctuative.

Surfactant was decreased as time flew. Equation for surfactant speed reaction trend was first orde reaction. In contrary, ammoniac was increased due to photoreduction and photooxidation reaction. Initial value for ammoniac was 1.16 mg/L then increased to 4.93 mg/L at reactor volume 4 litres for 60 minutes. Time influenced ammoniac for the first 5 minutes, it was increased then after that ammoniac trend was decreased fluctuatively.

keywords: photo catalytic, organic compound, ammoniac, surfactant, efficiency.

1. Pendahuluan

Sumber air yang digunakan untuk penelitian fotokatalisis berasal dari inlet Waduk Pluit, Muara Baru, Jakarta Utara, yang terletak pada koordinat $5^{\circ} 19' 12''$ - $6^{\circ} 23' 54''$ LS, $106^{\circ} 22' 42''$ - $106^{\circ} 58' 18''$ BT. Lokasi sumber air berasal dari muara Sungai Krukut dan Sungai Besar. Sumber air tersebut tidak dapat dimanfaatkan karena sudah tercemar oleh limbah dan sampah. Air waduk dan aliran anak sungai menuju inlet waduk berwarna hitam pekat dan menimbulkan bau.

Hasil pengukuran parameter fisika dan kimia dengan mengacu pada baku mutu air bersih yaitu Permenkes Air Bersih No.416/MENKES/PER/IX/1990, menunjukan bahwa terdapat beberapa parameter melebihi baku mutu antara lain surfaktan (deterjen), senyawa organik, dan amoniak. Dalam hal ini parameter TDS dan klorida menunjukan kadar yang cukup tinggi apabila dibandingkan dengan kualitas air tanah pada umumnya.

Berdasarkan hasil survey dan laporan untuk daerah muara baru suplai air bersih masih sangat kurang, hal ini dikarenakan pendistribusian air PAM yang tidak sampai ke daerah tersebut. Ketersediaan air tanah untuk wilayah Jakarta Utara berpotensi cenderung kurang baik, sumber air tanah sudah dibatasi pengambilannya oleh pemerintah sesuai dengan Keb Gub No. 1662 tahun 2004. Berdasarkan hal tersebut, banyak perusahaan swasta yang mengadakan penyediaan air bersih secara mandiri dengan menggunakan sumber air yang berasal dari inlet Waduk Pluit, Muara Baru.

Penurunan atau penyisihan deterjen didalam air menggunakan metode konvensional seperti koagulasi, flokulasi, sedimentasi dan filtrasi kurang efektif (Heryani dan Puji, 2008). Oleh karena itu salah satu alternatif untuk membantu menurunkan kadar deterjen, maka dilakukan studi fotokatalisis terhadap air tersebut dengan menggunakan katalisator TiO_2 0.1% yang tersuspensi dan di aerasi secara terus-menerus. Dengan tujuan agar senyawa deterjen dapat mudah terurai. Dalam penelitian ini juga dilakukan pemantauan pengaruh fotokatalisis terhadap organik permanganat dan amoniak.

Fotokatalisis adalah suatu proses kombinasi antara proses fotokimia dan katalis, yaitu suatu proses sintesis secara kimiawi dengan melibatkan cahaya sebagai pemicu dan katalis sebagai pemercepat proses transformasi tersebut. Penggunaan fotokatalisis pada penelitian sebelumnya sangat efektif terhadap penurunan deterjen sampai 94.4%. Kandungan organik dapat turun tetapi relatif lebih sedikit dan tidak mengalami penurunan secara signifikan (Dermawan, D dan Razif, M, 2001).

Penggunaan proses fotokatalisis untuk pengolahan polutan secara simultan pada reaktor batch sederhana telah dilakukan, dan terbukti mampu meningkatkan nilai konversi masing-masing polutan dibandingkan dengan hanya menggunakan sistem tunggal. Oksida logam titanium (TiO_2) banyak dilaporkan sebagai material semikonduktor yang aktif sebagai fotokatalis. Aktivitas fotokatalis TiO_2 dapat ditingkatkan melalui penyesuaian pada material pendukung yaitu dengan bantuan dari sinar UV ^[3]. Dalam penelitian ini, jenis lampu UV yang digunakan yang adalah UV-C dengan spesifikasi panjang gelombang 254 nm.

2. Metode

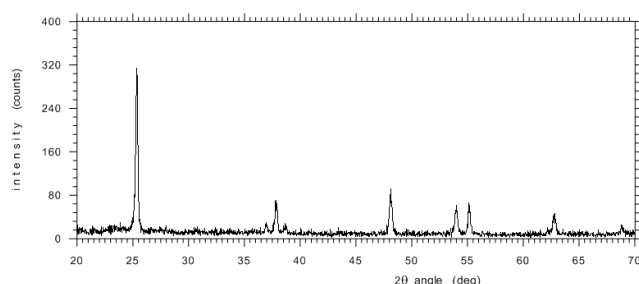
Peralatan yang dipakai dalam penelitian ini terdiri dari reaktor curah (batch) yang terbuat dari bahan akrilik, dilengkapi dengan 2 (dua) buah lampu uv-c merk Philips berdaya 15 watt dengan panjang gelombang 254 nm dan tegangan 220 volt, peralatan gelas, aerator Aquila Q6 memiliki tegangan 220v/110v, alat sentrifugasi Health HC1120T, pH meter, Spektrofotometer Hitachi U-2000 Double Beam.

Variasi yang digunakan dalam penelitian antara lain variasi volume sampel yaitu 2L; 3L; 4L; 5L dan 6L. Variasi penyinaran masing-masing volume yaitu 0; 5; 15; 30; 45 dan 60 menit. Analisis pada penelitian ini antara lain penentuan kadar surfaktan dengan spektrofotometri sebagai Methylene Blue Anionik Surfaktan (MBAS), penentuan kadar organik sebagai nilai permanganat secara titrimetri, penentuan kadar amoniak dengan metode nessler. Hasil dari fotokatalisis khusus untuk surfaktan ditentukan kinetika reaksinya dengan

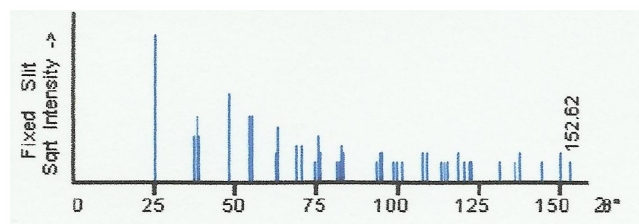
menggunakan metode aljabar, sedangkan untuk pengaruh fotokatalisis terhadap terbentuknya amoniak dan organik, dijelaskan secara deskriptif.

3. Hasil

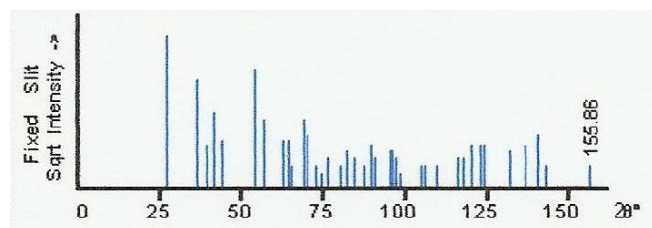
Jenis titan dioksida yang digunakan dalam penelitian ini ditentukan dengan alat difraksi sinar X (XRD). Hasil pengukuran titan pada penelitian ini ditampilkan pada Gambar 1, yang kemudian dibandingkan dengan standar XRD TiO_2 rutile, seperti dapat dilihat pada Gambar 2 dan TiO_2 anatase pada Gambar 3.



Gambar 1. Spektrometri XRD Katalis TiO_2



Gambar 2. Hasil Spektrometri dan Tabel XRD Katalis TiO_2 Rutile, Laboratorium XRD, BATAN



Gambar 3. Hasil Spektrometri dan Tabel XRD Katalis TiO_2 Anatase, Laboratorium XRD, BATAN

Dari hasil perbandingan ketiga gambar tersebut, dengan cara membandingkan nilai sudut difraksi 2θ dari TiO_2 yang digunakan termasuk jenis anatase. Hasil perbandingan nilai sudut difraksi 2θ dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Perbandingan Nilai Puncak 2θ

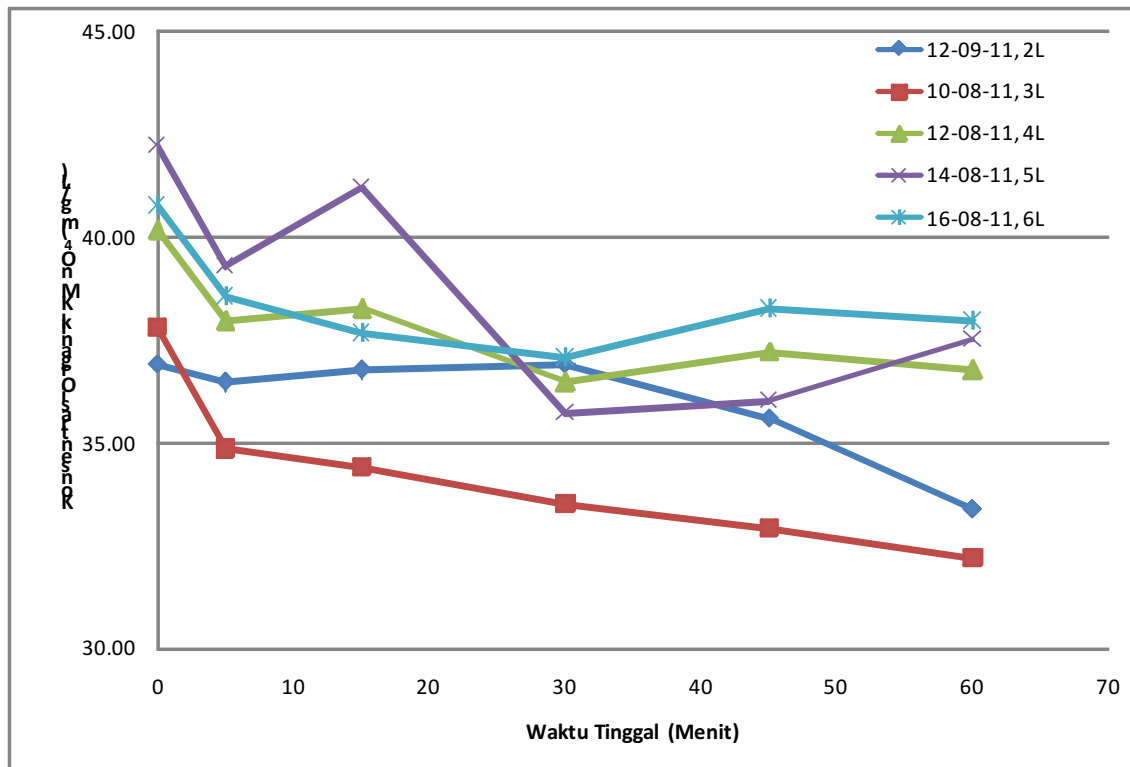
Hasil Grafik XRD Katalis TiO_2	TiO_2 Anatase	TiO_2 Rutile
25.337	25.281	27.446
37.834	37.800	36.085
48.087	48.049	41.225
53.963	53.890	54.322
55.121	55.060	56.640

Penelitian Fotokatalisis

Pengaruh Fotokatalisis Terhadap Senyawa Organik.

Nilai senyawa organik dalam proses proses fotokatalisis ini ditentukan dengan mengoksidasi senyawa-senyawa organik yang ada dalam air baik dalam bentuk tersuspensi maupun terlarut, menggunakan oksidator kuat, yakni kalium permanganat. Dengan kata lain senyawa-senyawa yang mudah teroksidasi dengan kalium permanganat juga dinyatakan sebagai senyawa organik. Pengaruh fotokatalisis terhadap senyawa organik sebagai kelompok permanganat dengan volume 2-6 liter dan waktu penyinaran 0-60 menit, ditampilkan pada Gambar 4.

Dari Gambar 4, penurunan senyawa organik sebagai fungsi waktu secara umum berfluktuasi. Fotokatalisis pada 5 menit pertama cenderung turun lebih cepat kemudian penurunan senyawa organik permanganat mengalami perlambatan dan kadang-kadang mengalami kenaikan seperti fotokatalisis yang dilakukan pada volume 2, 4 dan 5 liter. Kondisi ini diperkirakan karena pada awal fotokatalisis, beberapa ikatan antara C-C atau C rangkap dua yang mudah mengalami fotooksidasi akan terputus dengan cepat dan selanjutnya terjadi proses fotooksidasi dan fotoreduksi.



Gambar 4. Kurva penurunan dan penyisihan konsentrasi senyawa organik terhadap TiO_2 fotokatalisis

Pengaruh Fotokatalisis Terhadap Senyawa Amoniak.
Fotokatalisis pada summer air yang dilakukan pada reaktor dengan volume 2-6 liter, dengan penyinaran menunjukkan bahwa nilai amoniak untuk Gambar 5, semua cenderung naik. Pertambahan nilai amoniak

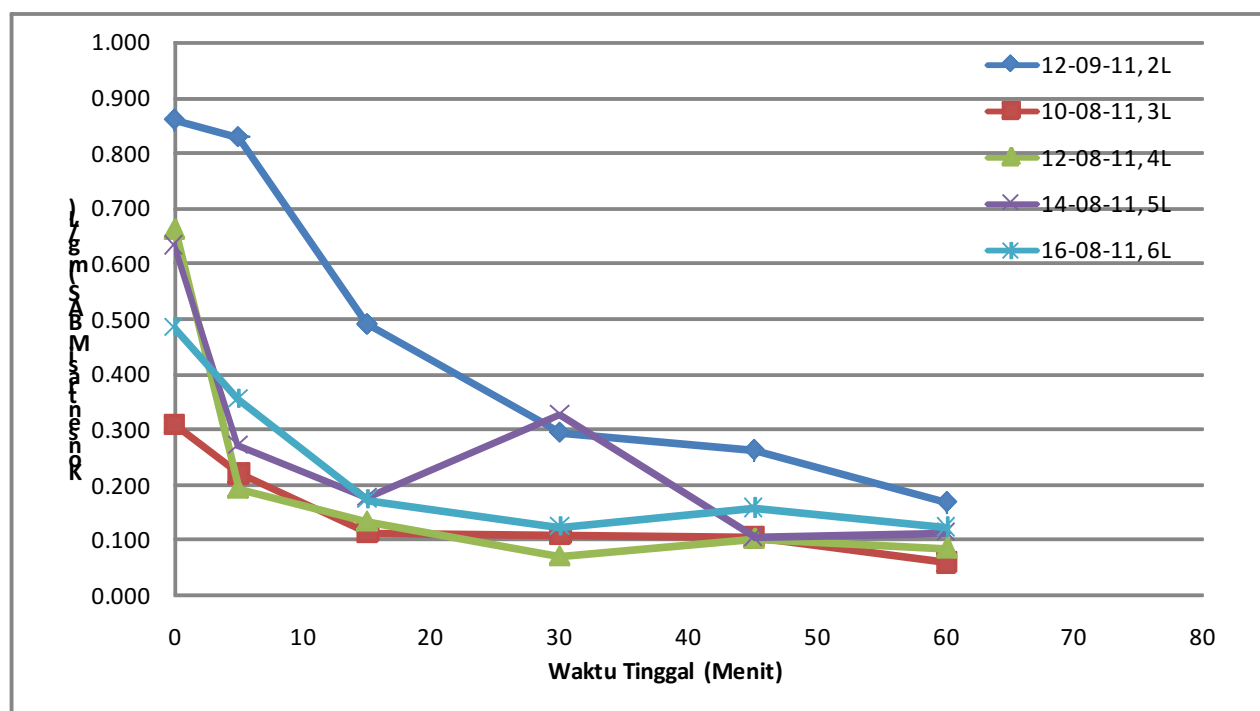
bertambah seiring dengan pertambahan volume, dapat dilihat pada Gambar 6.

di aerasi. Senyawa tersebut menunjukkan fotokatalisis pada $\text{pH} < 6$ secara ekstensif terjadi proses mineralisasi (lebih dari 90%) dari fenol yang tersubstitusi, dimana, pada $\text{pH} 11$, proses ini tidak terjadi. Proses fotokatalitik merubah sekitar 80% dari kelompok nitro di dalam nitrofenol menjadi ion NO_3^- , melalui pembentukan ion NO_2^- , sisa 20% dirubah menjadi ion NH_4^+ , hal ini membuktikan bahwa meskipun didalam larutan aerasi, jalur reduksi signifikan terjadi. Fotokatalitik aminofenol, akan merubah kelompok NH_2 menjadi sekitar 60-70% ion NH_4^+ dan hanya sekitar 10% NO_3^- , dan ada sisa sekitar 20% karbon organik. Perubahan yang lambat dari ion ammonium menjadi ion NO_3^- diamati pada waktu radiasi yang lebih lama.

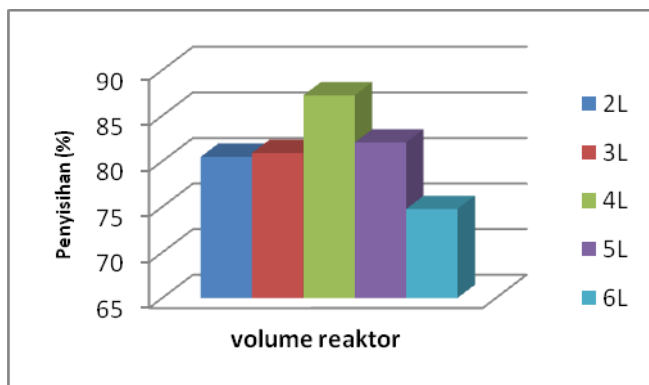
Pengaruh Proses Fotokatalisis Terhadap Konsentrasi Surfaktan. Pada pemeriksaan kualitas air awal didapatkan kadar deterjen atau konsentrasi surfaktan sebesar 1.8 mg/L. Untuk mengetahui pengaruh proses fotokatalisis terhadap konsentrasi surfaktan, maka

dilakukan percobaan penurunan konsentrasi surfaktan pada sampel air, hasil dari pengukuran tersebut dapat dilihat pada Gambar 8.

Penurunan konsentrasi surfaktan akan lebih optimal apabila ada reaksi bersama antara sinar UV dengan katalis TiO_2 . Reaksi bersama antara kedua unsur tersebut adalah reaksi fotokatalisis. Reaksi fotokatalisis dapat mereduksi bahan-bahan tertentu jika katalisatornya (TiO_2) diaktifkan terlebih dahulu dengan menyinari dengan sinar UV. TiO_2 menyerap sinar dan mengaktifkan reaksi untuk mendegradasi polutan yang terkandung didalam larutan dan mengubahnya menjadi senyawa yang tak beracun



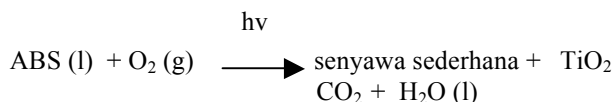
Gambar 8. Kurva penurunan konsentrasi surfaktan terhadap TiO_2 fotokatalisis



Gambar 8. Diagram penyisihan konsentrasi surfaktan pada waktu penyinaran 60 menit

Efisiensi penurunan konsentrasi surfaktan paling besar pada volume 3 liter. Karena pada kondisi 3 liter ini adalah kondisi yang paling tepat untuk proses fotokatalisis, sinar UV dapat menjangkau dengan baik. Ketinggian muka air yang tidak terlalu jauh dari lampu UV untuk volume 3 liter adalah 5 cm dari dasar reaktor dan ketinggian lampu UV 3.6 cm dari dasar reaktor, memiliki selisih dengan ketinggian lampu UV 1.4 cm. Keadaan lampu pada volume 3 liter tercelup secara merata tidak seperti pada volume 2 liter, dimana kondisi lampu tidak tercelup secara merata, muka air hanya berada tiga perempat dari ketinggian lampu. Sehingga sinar UV tidak terpapar secara merata, ada sinar dari bagian lampu UV yang tidak tercelup air yang tidak terpakai.

Diduga ada dua cara oksidasi atau pemutusan ikatan karbon dalam proses fotokatalisis, yaitu lewat reaksi radikal hidroksil atau penyisipan oksigen aktif seperti radikal O₂⁻ dan O₂²⁻. Sebagai akibat pemutusan rantai karbon dalam senyawa ABS oleh proses oksidasi senyawa radikal hidroksil atau oksigen aktif adalah berkurangnya nilai senyawa organik seperti pada nilai permanganat. Gugus lain yang dirusak dalam proses fotokatalisis adalah inti benzene atau gugus aromatisnya, yang dikenal sulit terurai dalam proses biologis. Hal ini terbukti dengan menurunnya konsentrasi deterjen ABS yang diukur pada panjang gelombang UV 254 nm.



Pada reaksi diatas menjelaskan bahwa kandungan surfaktan (ABS) yang berada di perairan dapat terurai dengan bantuan oksigen (O₂) dengan TiO₂ dan sinar UV sebagai oksidator melalui air sebagai medianya. Dalam proses oksidasi bilangan karbon oksidasi tinggi, oleh karena itu tidak ada gugus nitrogen dalam senyawa ABS,

maka kemungkinan yang terbesar adalah terbentuknya asam-asam organik rantai pendek sebagai hasil senyawa sederhana, yaitu asam oksalat, format dan asetat.

Penentuan orde reaksi dan konstanta kecepatan reaksi dengan metode aljabar, yakni dengan uji-coba setiap persamaan kecepatan reaksi untuk orde nol dan satu dapat dilihat pada Tabel 2, diperoleh bahwa orde reaksi lebih cenderung ke orde satu.

Tabel 2. Orde reaksi terpilih sebagai laju reaksi penyisihan konsentrasi surfaktan

Volume	k	r2	OrdeSatu
2	0,027	0,960	$\ln \frac{C_0}{C} = 0.027 \times t$
3	0,023	0,841	$\ln \frac{C_0}{C} = 0.023 \times t$
4	0,017	0,672	$\ln \frac{C_0}{C} = 0.017 \times t$
5	0,029	0,741	$\ln \frac{C_0}{C} = 0.029 \times t$
6	0,02	0,701	$\ln \frac{C_0}{C} = 0.02 \times t$

Berdasarkan Tabel 2, pada volume 2 dan 3 liter kecepatan reaksi mengikuti orde reaksi satu dengan persamaan nilai surfaktan sisa pada volume 2 liter $C_t = C_0 e^{(-0.027t - 0.189)}$, $R^2 = 0.960$ dan volume 3 liter $C_t = C_0 e^{(-0.023t - 1.431)}$, $R^2 = 0.841$. Pada volume 4 liter kecepatan reaksi mulai $C_t = C_0 e^{(-0.017t - 1.595)}$, $R^2 = 0.672$. Pada volume 5 dan 6 liter kecepatan reaksi cenderung meningkat dan berjalan stabil dengan konstanta pada volume 5 liter $C_t = C_0 e^{(-0.029t - 0.835)}$, $R^2 = 0.741$ dan volume 6 liter $C_t = C_0 e^{(-0.020t - 1.065)}$, $R^2 = 0.701$.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil penelitian menunjukan bahwa fotokatalisis mampu menurunkan nilai surfaktan dalam air baku mendekati nilai 0,1 sesuai dengan baku mutu Permenkes Air Bersih No. 416/MENKES/PER/1X/1990, dengan jarak posisi lampu dengan permukaan air 2 cm pada volume 4 liter, dengan waktu penyinaran selama 60 menit. Nilai amoniak pada fotokatalisis mengalami peningkatan dalam waktu 5 menit, dari sekitar ±1 mg/L menjadi ±5 mg/L. Senyawa organik mengalami penurunan selama 60 menit, penurunan tidak terlalu signifikan namun ada kecenderungan turun.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Gunlazuardi, J. 2001. *Fotokatalis pada Permukaan TiO₂ : Aspek Fundamental dan Aplikasinya*. Seminar Nasional Kimia Fisika, 14-15 Juni 2001 FMIPA UI, Jakarta
- [2] Dermawan, D dan Razif, M. 2001. *Uji Penurunan Konsentrasi Surfaktan dengan Menggunakan Fotokatalisis Titanium Dioksida*. *Jurnal Purifikasi*, Vol.2, No.1, Januari 2001: 55-60, Jakarta.
- [3] Maurino, V. 1998. *The Fate of Organic Nitrogen Under Photocatalytic Conditions: Degradation of Nitrophenol and Aminophenols on Irradiated TiO₂*
- [4] Laoufi, N.A. Tassalit, D. Bentahar, F. 2008. *The Degradation of Phenol in Water Solution by TiO₂ Photocatalysis in a Helical Reactor*. J. Globalnest. Article in Press.
- [5] Said, Nusa I dan Tresnawaty, R. 2001. *Penghilang Amoniak didalam Air Baku Air Minum dengan Proses Biofilter Tercelup Menggunakan Media Plastik Sarang Tawon*. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, Vol.2, No.1, Januari 2001: 11-27, Jakarta.
- [6] Gary K. C. Low, Stephen R. McEvoy, Ralph W. Matthews. *Formation of Nitrate and Ammonium ions in Titanium Dioxide Mediated Photochatalytic Degradation of Organic Compounds Containing Nitrogen Atoms*. *Environ. Sci. Technol.*, 1991, 25 (3), pp 460–467
- [7] Lindu, M. 1997. *Fotolisis Deterjen ABS dalam Air Tersuspensi 0,1% TiO₂ oleh UV*. *Reaktor Curah dan Kontinyu*. Bandung: ITB.
- [8] Lindu, M dan Andayani, W. *Pengaruh Karbon Aktif Sebagai Penopang TiO₂ pada Penguraian Fotokatalisis Alkil Bensen Sulfonat*. Jakarta.
- [9] Linsebigler, Amy L., 1995, *Photocatalysis on TiO₂ Surface : Principles, Mechanism and aselected*. R. Chem. Rev. 95 : 735-758.
- [10] Heryani. A, Puji, H. 2008. *Pengolahan Limbah Deterjen Sintetik dengan Trickling Filter* [Makalah Penelitian] <http://eprints.undip.ac.id> [8 Desember 2010].